

基于 OPNET 的 Ad Hoc 网络建模与仿真^{*}

冯言志¹,冯元²,李金³

(1. 电子工程学院,合肥 230037; 2. 炮兵学院,合肥 230037;
3. 海军 91715 部队,广州 510000)

摘要:基于 OPNET 网络仿真平台,建立了 Ad Hoc 网络节点的仿真模型.通过仿真实验,获得了不同情况下的网络性能指标参数,从而为 Ad Hoc 网络的研究与设计提供了一种新的途径.

关键词:Ad Hoc;OPNET;网络仿真

中图分类号:TP0

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2009)03-0097-03

Ad hoc 网络是由一组带有无线收发装置的移动节点组成的一个多跳的临时性自治系统.节点间通过无线连接可以不必依赖任何预设的基础设施而形成一个任意网状拓扑结构.网络中的节点通过分层的网络协议和分布式算法相互协调,实现网络的自动组织和运行.由于它可以在没有基础设施支持的情况下提供灵活方便的通信,因此具有广泛的应用前景.

目前对 Ad hoc 技术的研究的重点集中在信道接入技术、路由协议、网络服务质量与公平性等方面,主要是一些理论成果,缺乏一个分析验证的实验平台.因此,研究对 Ad hoc 网络的仿真建模,提供一个该网络的仿真实验平台是很有意义的.

1 Ad Hoc 网络的特点

Ad hoc 网络中的每个节点兼备路由器和用户终端 2 种功能.一方面,节点作为主机运行面向用户的应用程序;另一方面,节点作为路由器需要运行相关的路由协议,根据路由策略和路由表参与分组转发和路由维护工作.由于终端的无线通信覆盖范围有限,当节点相互之间不在彼此的通信范围内时,需要借助其他中间节点转发来实现多跳通信.

与传统的网络相比,Ad Hoc 网络具有显著特点^[1-2]:

1) 自组织. Ad hoc 网络的节点通过分布式算法来协调彼此的行为,无需人工干预和任何其它预置的网络设施,可以在任何时刻任何地方快速展开并自动组网.

2) 无中心. Ad hoc 网络不存在类似基站的集中网络中心控制点,没有严格的控制中心,节点可以随时加入和离开网络.任何单个节点的故障不会影响整个网络的运行,具有很强的抗毁性.

3) 多跳路由.由于节点无线通信覆盖范围有限,因此当它要与其覆盖范围之外的节点进行通信时,需要中间节

点的转发.此外,Ad hoc 网络中的多跳路由是由普通节点协作完成的,而不是由专用的路由设备(如路由器)完成的.

4) 动态网络拓扑. Ad hoc 网络节点能够以任意速度和任意方式在网中移动,网络拓扑随时可能发生变化,而且变化的方式和速度都难以预测.因此需要开发专门的路由协议,以适应这种动态变化的网络拓扑.

2 仿真设计方案

本文中利用 OPNET 来实现 Ad hoc 网络的建模与仿真^[3-4].OPNET 采用了层次化的建模机制,将建模的工作划分为网络层、节点层和进程层 3 个层次.网络模型反映网络的拓扑结构、地理布局,以及移动性等;节点模型对应着实际网络中的各种计算和通信设备;而进程模型则以有限状态机构成的状态转移图来描述节点所含进程的行为,如协议和算法等;因此,对 Ad hoc 网络的建模与仿真的主要任务就是设计相应的网络、节点和进程模型.

2.1 网络模型

本文中所设计的网络模型中包含 20 个 Ad hoc 节点,分布在 1 000 m × 1 000 m 的区域,节点在区域中随机移动,传输距离为 300 m.如图 1 所示.

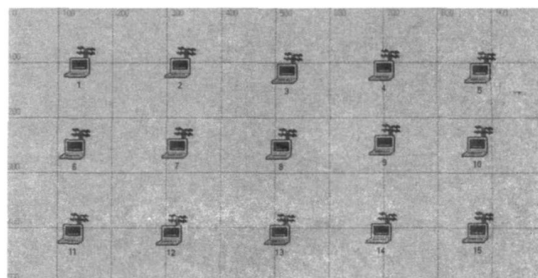


图 1 Ad hoc 网络模型

^{*} 收稿日期:2008-10-13

作者简介:冯言志(1981—),男,浙江临海人,硕士研究生,主要从事网络建模与仿真研究.

2.2 节点模型

本文中的仿真试验中所有 Ad hoc 节点都具有相同的节点模型,每个节点由它的 IP 地址唯一标识.模型由 Application、Route. Intf、Routing、Mac. Intf、Mac,以及 Receiver 和 Transmitter 模块组成,如图 2 所示.

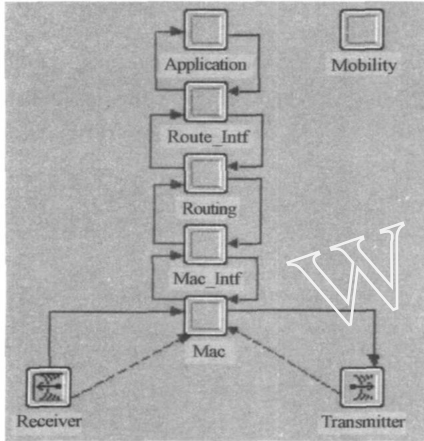


图 2 Ad Hoc 网络节点模型

1) Application 模块:根据预先设定的数据包的格式、大小、到达时间间隔分布等参数产生数据流.产生的数据流发送到下层的 Route. Intf 模块处理;同时,接收并处理来自网络中其他节点的数据包.

2) Route. Intf 模块:为 Application 模块产生的数据流设置一个目的地址,可以设定为指定的地址,也可以是随机的地址.然后将数据流发送到下层的 Routing 模块.

3) Routing 模块:Ad Hoc 网络节点模型的核心模块,通过调用路由进程模型来执行路由算法,发现并维护路由.

4) Mac. Intf 模块:无线局域网媒体访问接口模块,负责传递网络层和链路层之间的数据信息和控制信息.

5) Mac 模块:用于仿真数据链路层的随机接入信道协议,对应着实际节点的数据链路层.

6) Receiver 和 Transmitter 模块:模拟无线信道发送和接收分组.对应实际节点的物理层.

7) Mobility 模块:移动管理模块,根据预先定义的移动模式改变当前节点的位置,来执行节点的移动.

2.3 进程模型

进程模型通过有限状态机来实现各层的相应协议.限于篇幅,本文中只对路由进程模型进行介绍.

本文中的仿真中 Ad Hoc 网络采用了 DSR 路由协议.DSR 是专门为移动 Ad Hoc 网络应用而设计的一种基于源路由方式的按需路由协议,主要由路由发现和路由维护 2 个部分组成.

DSR 协议的路由发现过程采用洪泛的方式.首先,源节点将向相邻节点广播一个具有唯一 ID 的路由请求(Route Request)报文.当中间节点收到一个路由请求报文后,它首先判断是否已经收到过该 ID 的请求,如果有则丢弃;如果没有,则先检查自身的路由缓存中是否具有到达该报文所指定的目标节点的路径.如果有则沿着该路由请求报文经

过的路由向源节点反向发送一个包含路径信息的路由响应报文;如果没有则通过洪泛的方式继续转发该请求报文,直到到达目标节点为止.

DSR 协议的路由维护过程多采用一种点到点的证实机制.即转发数据分组的节点将先向该路由的下一跳节点发送路由应答请求(Route Acknowledgement Request)报文.而收到应答请求报文的节点将向发起路由应答请求的节点发送路由应答响应(Route Acknowledgement)报文.如果一个应答请求重发的次数已达到最大允许重发次数,仍没有收到应答响应,那么该节点认为这条路由已经不再有效,将从其路由缓存中删除这条路由,并发送一个路由错误(Route Error)报文.收到该报文的节点将删除该部分路由.

根据 DSR 协议的原理,本文中建立了如图 3 所示的 DSR 协议进程模型.模型包含了 8 个有限状态机,分别模拟如下几个状态:

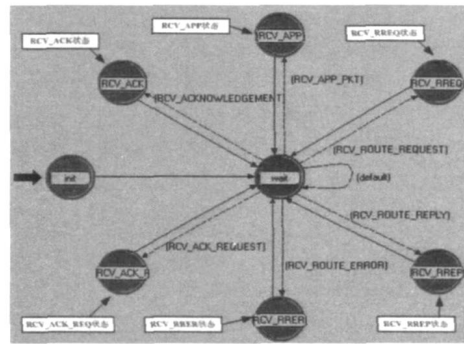


图 3 DSR 进程模型

1) Init 状态.当仿真开始时,进程模型首先进入 Init 状态进行模块的初始化操作,操作内容包括:调入用户定义的属性和参数,初始化进程模型的全局变量,设置中断优先级,注册统计量等.

2) Wait 状态.模块在完成初始化操作后,立即跳转到 Wait 状态,等待触发事件的发生.触发条件包括“RCV. APP. PKT”(收到数据分组)、“RCV. ROUTE. REQUEST”(收到路由请求报文)、“RCV. ACK. REQUEST”(收到路由应答请求报文)等.根据触发条件的不同进程将跳转到不同的状态.

3) RCV. APP 状态.接收到的数据分组.若该节点为这个分组的目的节点,则接收该分组并发往上一层处理.否则进程将完成分组转发的相关工作.完成上述步骤后,进程将返回 Wait 状态.

4) RCV. RREQ 状态.收到路由请求.若该节点为路由请求的目的节点,则进程向路由请求的源节点发送路由响应并更新路由表;若不是,则向相邻节点转发该路由请求.之后进程将返回 Wait 状态.

5) RCV. RREP 状态.收到路由响应报文.若本节点为发起路由请求的源节点,则进程向下一跳节点发送数据;若不是,则向上一跳节点转发该响应报文.之后进程将返回 Wait 状态.

6) RCV. RRER 状态.收到路由错误报文.进程将销毁路由表,若本节点为该错误路由的源节点,进程将重新发

起路由请求;若不是,则向上一节点转发该报文,之后进程将返回 Wait 状态。

7) RCV. ACK. REQ 状态. 收到路由应答请求报文,进程将向发起路由应答请求的源节点发送路由应答响应报文,之后进程将返回 Wait 状态。

8) RCV. ACK 状态. 收到路由应答响应报文,进程将向下一跳节点发送等待传送的数据分组,之后进程将返回 Wait 状态。

3 仿真结果

本文中在上一节建立的仿真模型的基础上,分别对节点快速运动和节点慢速运动 2 种情况下的 Ad Hoc 网络进行了仿真。选取吞吐量、延时和路由错误作为统计量,得到仿真结果如图 4~6 所示。

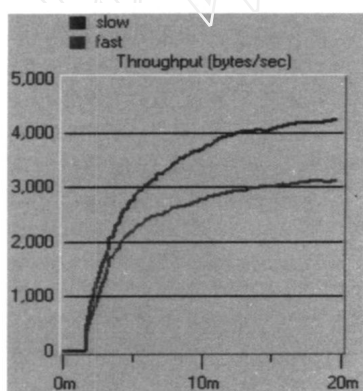


图 4 吞吐量

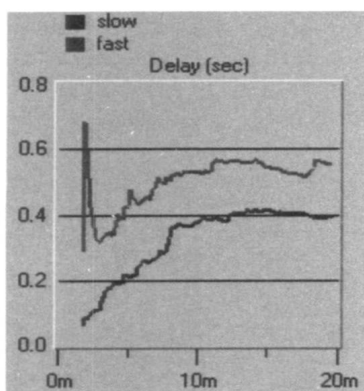


图 5 延时

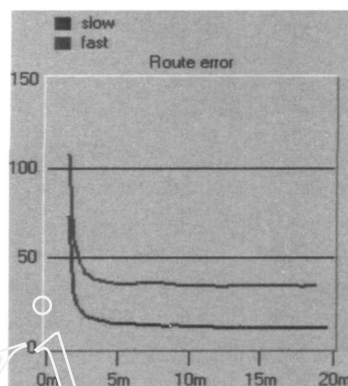


图 6 路由错误

从仿真结果中可以看到,随着节点移动速度的增加,网络的吞吐量将会下降,而延时和路由错误增加。这主要是因为节点移动越快,拓扑结构变化也就越快,路由协议的开销将随之增加,网络的性能会因此受到较大的影响。这与实际情况是相符合的。

4 结束语

本文中利用 OPNET 网络仿真软件,实现了对 Ad Hoc 网络的建模与仿真,并获得了不同情况下的网络性能指标参数的仿真结果。通过对仿真结果的分析可以看到,该仿真能够比较真实的反映网络的性能,可以应用到 Ad Hoc 网络的研究与设计中。

参考文献:

- [1] 郑少仁,王海涛,赵志峰,等. Ad hoc 网络技术[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [2] 陈林星,曾曦,曹毅. 移动 Ad hoc 网络[M]. 北京:电子工业出版社,2006.
- [3] 陈敏. Opnet 网络仿真[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [4] 王文博,张金文. Opnetmodeler 与网络仿真[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.